



18 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 195 43 582 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
B 60 T 8/60  
B 60 T 8/28  
B 60 T 7/12  
B 60 K 28/18  
B 62 D 11/08  
B 60 T 11/20

21 Aktenzeichen: 195 43 582.8  
22 Anmeldetag: 22. 11. 95  
43 Offenlegungstag: 5. 8. 97

DE 195 43 582 A 1

71 Anmelder:

Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart, DE

72 Erfinder:

Steiner, Manfred, Dipl.-Ing., 71384 Winnenden, DE;  
Nell, Joachim, Dipl.-Ing., 73730 Esslingen, DE

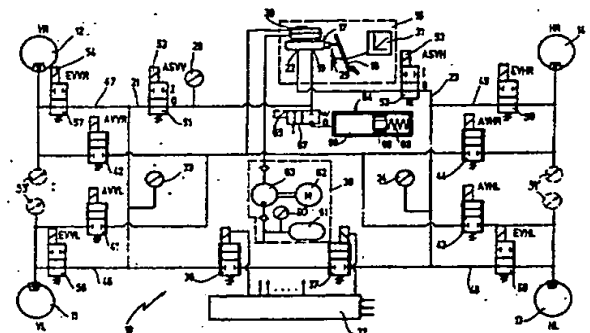
58 Entgegenhaltungen:

DE 43 35 789 C1  
DE 43 29 140 C1  
DE 43 40 467 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Elektrohydraulische Mehrkreis-Bremsanlage für ein Straßenfahrzeug

57 Bei einer elektrohydraulischen Mehrkreis-Bremsanlage für ein Straßenfahrzeug, bei der die Bremskraftentfaltung mittels elektrisch ansteuerbarer Bremsdruck-Stellelemente erfolgt, die mittels einer elektronischen Steuereinheit individuell ansteuerbar sind, ist als Sollwert-Vorgabe- und Bremsdruck-Steuergerät ein Hauptzylinder mit elektronisch positionsüberwachtem Pedal vorgesehen. Als Druckquelle, sowohl für einen vom Fahrer gesteuerten als auch für einen selbsttätig gesteuerten Bremsbetrieb ist ein mittels einer Hochdruckpumpe aufladbarer Druckspeicher vorgesehen, dessen Speicherkapazität signifikant (3 bis 10 x) größer ist als das Schluckvolumen der Radbremsen insgesamt. Die Hauptbremsleitungen der Bremskreise sind an den Druckspeicher über je ein Druckversorgungsventil angeschlossen, das als elektrisch steuerbares Proportionalventil ausgebildet ist. Zwischen die Radbremsen und deren Druckversorgungsventile ist je ein als Magnetventil ausgebildetes Einlassventil geschaltet, das eine stromlos offene Grundstellung (0) hat. Zwischen die Radbremsen und den Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter der Bremsanlage ist je ein elektrisch ansteuerbares Proportionalventil als Auslassventil geschaltet.



DE 195 43 582 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektrohydraulische Mehrkreis-Bremsanlage für ein Straßenfahrzeug, bei der die Bremskraftentfaltung mittels elektrisch ansteuerbarer Bremsdruck-Stellelemente erfolgt, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine derartige Bremsanlage ist durch die DE-43 35 769 C1 bekannt.

Die bekannte Bremsanlage umfaßt als den Radbremsen einzeln zugeordnete Bremsdruck-Stellelemente elektromotorisch antreibbare hydraulische Stellzylinder, die in einem einzigen Hub ihres Kolbensauf- und -abbau des maximalen Bremsdruckes in der angeschlossenen Radbremse, auf den diese ausgelegt ist, ermöglichen und, gesteuert durch elektronische Ausgangssignale einer elektronischen Steuereinheit die Implementierung mindestens der folgenden Funktionen:

- Steuerung des Zielbremsbetriebs nach Maßgabe vom Fahrer mittels einer von ihm betätigbaren Sollwert-Vorgabeeinheit erzeugbarer, für den Erwartungswert der Fahrzeugverzögerung charakteristischer Sollwert-Signale, einschließlich Steuerung der Vorderachs-/Hinterachs-Bremskraftverteilung;
- gegebenenfalls selbsttätige Auslösung einer Vollbremsung, wenn das aus einer zeitlichen Verarbeitung von Sensor-Ausgangssignalen der Sollwert-Vorgabe-Einheit erkennbare Betätigungsverhalten des Fahrers dessen Wunsch nach einer hohen Fahrzeugverzögerung signalisiert;
- Antiblockierregelung durch selbsttätige Bremsdruck-Modulation, sowie
- Antriebs-Schlupf-Regelung durch selbsttätige Aktivierung der Radbremse jeweils des zum Durchdrehen neigenden angetriebenen Fahrzeugrades;
- Fahrdynamik-Regelung durch selbsttätig gesteuerten Aufbau von Bremsschlupf an einem oder mehreren der Fahrzeugräder und gegebenenfalls auch
- eine Abstandsregelung bei Kolonnenfahrt durch selbsttätige Aktivierung der Bremsanlage in Abhängigkeit von Ausgangssignalen einer Sensorik, die den Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug erfaßt. Die Sollwert-Vorgabe-Einheit umfaßt einen mittels eines üblichen Bremspedals direkt, d. h. ohne Zwischenschaltung eines Bremskraftverstärkers, betätigbaren statischen Hauptzylinder mit mindestens einem Ausgangsdruckraum, an den die Vorderradbremse über je ein als 2/2-Wege-Magnetventil ausgebildetes Umschaltventil angeschlossen sind, deren bei Erregung ihrer Schaltmagnete eingenommene Schaltstellung eine Sperrstellung ist, in der die Vorderradbremse gegen den Hauptzylinder abgesperrt sind, und in deren als Grundstellung eingenommener Durchflußstellung Bremsflüssigkeit durch Betätigung des Hauptzylinders direkt in die Vorderradbremse verdrängbar ist, so daß bei einem Ausfall des elektrischen Bordnetzes ein Notbremsbetrieb durch Aktivierung der Vorderradbremse möglich ist, durch den sich noch eine relativ hohe Fahrzeugverzögerung von bis zu  $0,4 \text{ g}$  ( $\text{g} = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ ) erreichen läßt.

Um die für die angesprochenen Steuerungs- und Regelungs-Betriebsarten erforderlichen Rückmeldungen

über den Funktionszustand der jeweiligen Radbremse gewinnen zu können, sind die Bremsdruck-Stellzylinder mit z. B. elektromechanischen Positions-Sensoren versehen, deren Ausgangssignale als für die Kolbenposition charakteristische Istwert-Ausgangssignale erzeugen, aus deren vergleichender Verarbeitung mit Sollwert-Ausgangssignalen des zur Überwachung der Bremspedal-Position vorgesehenen elektromechanischen oder elektronischen Sensors die elektronische Steuereinheit der Bremsanlage der für die jeweilige Regelung erforderlichen Ansteuersignale für die elektromotorischen Antriebe der Bremsdruck-Stellzylinder erzeugt. Diese Positions-Überwachung der Kolben der Stellzylinder ist auch dann erforderlich, wenn den Radbremsen einzeln zugeordnete Drucksensoren vorgesehen sind, um ein Bremsen-Fading zuverlässig erkennen zu können.

Ungeachtet funktionell günstiger Eigenschaften der bekannten Bremsanlage kann als ein Nachteil derselben der vergleichsweise hohe technische Aufwand angesehen werden, der durch die Gestaltung der Stellzylinder mit individuellem Antrieb bedingt ist, der auch zu einem relativ hohen Raumbedarf der Zylinder-Antriebseinheiten führt.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Gestaltung einer Bremsanlage der eingangs genannten Art anzugeben, in der diese, unbeschadet der zuverlässigen Darstellbarkeit der erforderlichen Steuerungs- und Regelungsfunktionen, mit einfachen Standard-Komponenten realisierbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Hiernach ist als zentrale Druckquelle, aus der sämtliche Radbremsen mit Druck beaufschlagbar sind, ein mittels einer Hochdruckpumpe aufladbarer Druckspeicher vorgesehen, dessen Speicherkapazität signifikant größer ist als das Schluckvolumen der Radbremsen insgesamt, so daß auch bei einem Ausfall der Pumpe genügend unter hohem Druck stehende Bremsflüssigkeit vorhanden ist, um das Fahrzeug mit maximaler Fahrzeugverzögerung, erforderlichenfalls mehrfach, sicher zum Stehen bringen zu können.

Die Hauptbremsleitungen der beiden Bremskreise sind über je ein als elektrisch steuerbares Proportionalventil ausgebildetes Druckversorgungsventil an den Druckspeicher angeschlossen die im nicht angesteuerten Zustand sperrend sind und im angesteuerten Zustand einen mit dem Deckel bzw. der Steuerleistung des Ansteuersignals monoton anwachsende Drücke in die jeweilige Hauptbremsleitung einkoppeln, zwischen deren Verzweigungsstelle und die über diese mit Bremsdruck versorgbare Radbremse jeweils ein als Umschaltventil ausgebildetes Magnetventil als Einlaßventil geschaltet ist, das eine stromlos offene Grundstellung hat und in eine sperrende Funktionsstellung steuerbar ist.

Zur Steuerung der Bremsdruck-Absenkung in den einzelnen Radbremsen des Fahrzeugs sind zwischen diese und den Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter der Bremsanlage je ein elektrisch ansteuerbares Proportionalventil geschaltet, das im nicht angesteuerten Zustand sperrend ist und in monotoner Relation mit dem Steuerungspegel bzw. der elektrischen Steuerleistung, mit der sie angesteuert werden, eine Reduzierung des Druckgefälles zwischen der jeweiligen Radbremse und dem Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter der Bremsanlage vermitteln.

Die erfindungsgemäße Bremsanlage ist mittels gängiger elektrisch ansteuerbarer Umschalt- und Proportio-

nalventile realisierbar und ist mit besonders geringem Aufwand dann realisierbar, wenn zur Aufladung ihres als Druckquelle vorgesehenen Druckspeichers eine ohnehin am Fahrzeug vorhandene vorzugsweise elektrisch antreibbare Hochdruckpumpe vorgesehen ist.

Für den Fall, daß das Fahrzeug eine Vorderachs-/Hinterachs-Bremskreisaufteilung hat, ist die Steuerung der Vorderachs-/Hinterachs-Bremskraftverteilung auf einfache Weise durch verhältnismäßige Ansteuerung der Druckversorgungsventile steuerbar.

Bei dieser Gestaltung der Bremsanlage ist es zur Erfassung der Istwerte der Bremsdrücke, die in die beiden Bremskreise eingekoppelt werden, ausreichend, wenn pro Bremskreis ein elektrischer oder elektromechanischer Drucksensor vorgesehen ist.

Für den Fall, daß das Fahrzeug eine Diagonal-Bremskreisaufteilung hat, sind, gemäß Anspruch 4, auch die zwischen die Radbremsen und die Druckversorgungsventile geschalteten Einlaßventile als elektrisch ansteuerbare Proportionalventile ausgebildet.

Bei einer solchen Gestaltung der Bremsanlage ist zweckmäßigerweise jeder Radbremse ein eigener elektrischer oder elektromagnetischer Drucksensor zur Erfassung des Bremsdruck-Istwertes zugeordnet.

Wenn die Bremsanlage, gemäß Anspruch 6 so gestaltet ist, daß im Zielbremsbetrieb aus dem Hauptzylinder verdrängbare Bremsflüssigkeit für den Bremsdruckaufbau in den Radbremsen mit ausgenutzt, d. h. in den jeweils angeschlossenen Bremskreis verdrängt wird, und die Ansteuerung der Druckversorgungsventile aus einer vergleichenden Verarbeitung für die Pedalstellung und/oder die Kolbenposition im Hauptbremszylinder charakteristischer Signale eines Positionssensors mit für die Bremsdruck-Istwerte charakteristischen Signale von Drucksensoren erfolgt, so daß das Verhältnis mit dem die aus den Hauptzylinder verdrängte Bremsflüssigkeit zu der über die Druckversorgungsventile in die Bremskreise angespeisten Bremsflüssigkeitsmengen definiert kontrollierbar ist, vermittelt der Hauptzylinder selbst eine für die Dosierung der Fahrzeugverzögerung günstige Pedalweg-/Bremskraft-Charakteristik.

In der hierzu alternativen Gestaltung der Bremsanlage gemäß Anspruch 7 hingegen, bei der auch bei einer elektrisch gesteuerten Zielbremsung die Radbremsen gegen den Hauptzylinder abgesperrt sind und der Bremsdruckaufbau ausschließlich über die Druckversorgungsventile erfolgt, ist zur Erzielung einer entsprechenden Pedalweg-/Bremsdruck- bzw. Bremskraft-Charakteristik ein Pedalwegsimulator vorgesehen, wobei für diesen Pedalwegsimulator durch die Merkmale des Anspruchs 8 eine zweckmäßige Auslegung und durch die Merkmale der Ansprüche 9 bis 11 vorteilhaft einfache Gestaltungen angegeben sind.

Wenn, wie gemäß Anspruch 12 vorausgesetzt, der Hauptzylinder der Sollwert-Vorgabeeinheit der Bremsanlage als Tandem-Hauptzylinder ausgebildet ist, so ist es möglich und besonders vorteilhaft, wenn das als Wegsimulator vorgesehene Speicherelement in die Kolbenanordnung des Hauptzylinders integriert ist, vorzugsweise gemäß den Merkmalen des Anspruchs 13 in den den Primär-Ausgangsdruckraum des Hauptzylinders axial beweglich gegen den Sekundär-Ausgangsdruckraum abgrenzenden Sekundärkolben, wobei die Speicherfeder am Grund einer zentralen Sackbohrung des Sekundärkolbens abgestützt ist, die primärdruckraumseitig durch einen in der Sackbohrung druckdicht beweglich verschiebbaren Speicherkolben abgeschlossen ist, an dem die Speicherfeder angreift, wobei der

Speicherkolben seinerseits dem im Primär-Ausgangsdruckraum des Hauptzylinders herrschenden Druck ausgesetzt ist.

Bei einem solchen Tandem-Hauptzylinder, für den vorausgesetzt ist, daß sein Sekundär-Ausgangsdruckraum in der dem nicht betätigten Zustand des Hauptzylinders entsprechenden Grundstellung seines Sekundärkolbens über einen an diesem vorgesehenen Schnüffelkanal mit dem Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter der Bremsanlage in kommunizierender Verbindung steht, die nach einem kurzen Anfangsabschnitt eines Bremsdruck-Aufbauhubes des Sekundärkolbens aufgehoben ist, ist die für einen Notbremsfall erforderliche Abschaltung des Wegsimulators, derart, daß dieser als starres Kraftübertragungselement fungiert, auf einfache Weise dadurch möglich, daß die durch den Sekundärkolben und den in diesem verschiebbaren Speicherkolben axial begrenzte Federkammer, in der dem nicht betätigten Zustand des Hauptzylinders zugeordneten Grundstellung seines Sekundärkolbens über einen Schnüffelkanal mit dem Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter in kommunizierender Verbindung steht, der nach einem kurzen Anfangsabschnitt des Druckaufbauhubes des Sekundärkolbens über diesen Schnüffelkanal mit dem Sekundär-Ausgangsdruckraum des Hauptzylinders in kommunizierende Verbindung gelangt, so daß, sobald dies der Fall ist, der Kolben des Speicherelements relativ zu dem Sekundärkolben nicht mehr verschiebbar ist.

Eine hierfür geeignete und bevorzugte Gestaltung des Hauptzylinders besteht darin, daß die radial äußeren Mündungsöffnungen des in der Grundstellung des Sekundärkolbens die Federkammern mit dem Vorratsbehälter kommunizierend verbindenden Schnüffelkanals und diejenige des in dieser Grundstellung den Sekundär-Ausgangsdruckraum des Hauptzylinders mit dem Vorratsbehälter verbindenden Schnüffelkanals zwischen zwei in geringem Abstand voneinander angeordneten, gehäusefesten Ringdichtungen liegen, deren eine die hochdruckfeste Abdichtung des Sekundär-Ausgangsdruckraums gegen den Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter und deren andere die hochdruckfeste Abdichtung des Primär-Ausgangsdruckraumes des Hauptzylinders gegen den Vorratsbehälter vermittelt.

Weitere Einzelheiten der erfindungsgemäßen Bremsanlage ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigen

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Bremsanlage mit Vorderachs-/Hinterachs-Bremskreis-Aufteilung und einem Tandem-Hauptzylinder als Steuergerät einer Bremsdruck-Vorgabe-Einheit, in schematisch vereinfachter Blockschaltbild-darstellung;

Fig. 2 einen bei der Bremsanlage gemäß Fig. 1 als Bremsdruck-Steuergerät einsetzbaren Hauptzylinder mit integriertem Wegsimulator, in schematisch vereinfachter Längsschnitt-darstellung.

Bei der in der Fig. 1 insgesamt mit 10 bezeichneten, elektrohydraulischen Bremsanlage für ein durch diese repräsentiertes Straßenfahrzeug sind die Radbremsen 11 und 12 der zum Zweck der Erläuterung als nicht angetriebenen vorausgesetzten Vorderräder zu einem Vorderachs-Bremskreis I und die Radbremsen 13 und 14 der als angetriebenen vorausgesetzten Fahrzeugräder zu einem Hinterachs-Bremskreis II zusammengefaßt.

Die Bremsanlage 10 ist als elektronisch gesteuerte Bremsanlage ausgebildet, bei der im Falle einer Zielbremsung die in die Radbremsen 11 bis 14 eingekoppelten Bremsdrücke mittels elektrisch ansteuerbarer

Bremsdruck-Stellelemente Bremsdruck-Sollwerten nachgeführt werden, die der Fahrer mittels einer insgesamt mit 16 bezeichneten Sollwert-Vorgabeeinheit einsteuern kann.

Darüber hinaus sind durch die Bremsanlage 10 auch die Funktionen einer elektronisch steuerbaren Bremskraft steuerbaren Bremskraftverteilung (EDKV) einer Antiblockierregelung (ABS), einer Antriebs-Schlupf-Regelung (ASR) einer selbsttätig gesteuerten Vollbremsung (Brems-Assistent-Funktion) sowie einer Abstandsregelung implementiert.

Die Sollwert-Vorgabeeinheit 16 umfaßt als Bremsdruck-Steuergerät einen Tandem-Hauptzylinder 17, der mittels eines Bremspedals 18 "direkt", d. h. ohne Zwischenschaltung eines Bremskraftverstärkers, betätigbar ist. Dieser Tandem-Hauptzylinder 17, für den anhand der Fig. 2 eine spezielle Gestaltung erläutert werden wird, hat einen den Verlags-Bremskreis I zugeordneten Druckausgang 19, an den die sich zu den Vorderradbremzen 11 und 12 hin verzweigende Hauptbremsleitung 21 des Vorderachs-Bremskreises I angeschlossen ist, und einen dem Hinterachs-Bremskreis II zugeordneten Druckausgang 22 an dem die sich zu den Hinterradbremzen 13 und 14 hin verzweigende Hauptbremsleitung 23 des Hinterachs-Bremskreises II angeschlossen ist.

Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Vorderachs-Bremskreis an den Primär-Ausgangsdruckraum 24 (Fig. 2) des Hauptzylinders 17 angeschlossen, der axial einseitig beweglich durch den Primärkolben 26 druckdicht begrenzt ist, an dem über den Pedalstößel 27 — mit der Pedalübersetzung — die vom Fahrer ausgeübte Betätigungskraft angreift.

Zur Erfassung eines hierdurch erzeugbaren Druckes ist ein elektronischer oder elektromechanischer Drucksensor 28 vorgesehen, der ein elektrisches Ausgangssignal erzeugt, das ein genaues Maß für den im Primär-Ausgangsdruckraum 24 des Tandem-Hauptzylinders 17 herrschenden Druck und damit auch ein Maß für die Fahrzeugverzögerung ist, die der Fahrer durch Betätigung des Bremspedals 18 einsteuern möchte.

Desweiteren ist zusätzlich zu dem üblichen Bremslichtschalter 29 ein elektronischer oder elektromechanischer Pedalstellungssensor 31 vorgesehen, der ein elektrisches Ausgangssignal erzeugt, das ein genaues Maß für die Auslenkung des Bremspedals 18 aus seiner dem nicht betätigten Zustand der Bremsanlage entsprechenden Grundstellung und insoweit ebenfalls ein Maß für die Fahrzeugverzögerung ist, die der Fahrer einsteuern möchte.

An die Hauptbremsleitungen 21 und 23 ist je ein Drucksensor 33 bzw. 34 angeschlossen, der ein elektrisches Ausgangssignal erzeugt, das ein genaues Maß für einen in der Hauptbremsleitung 21 des Vorderachs-Bremskreises I bzw. in der Hauptbremsleitung 23 des Hinterachs-Bremskreises II herrschenden Druck ist.

Aus einer vergleichenden Verarbeitung der für einen erwünschten Bremsdruck bzw. den Erwartungswert einer Fahrzeugverzögerung charakteristischen Ausgangssignale des an den Hauptzylinderausgang 19 unmittelbar angeschlossenen Drucksensors 28 sowie des Pedalstellungsgebers 31 mit für die Istwerte des Bremsdruckes im Vorderachs-Bremskreis I und im Hinterachs-Bremskreis II charakteristischen Ausgangssignalen der Drucksensoren 33 und 34 erzeugt die elektronische Steuereinheit 32 Ansteuersignale für elektrohydraulische Stellelemente, mittels derer im Sinne einer Nachlauf-Steuerung bzw. -Regelung eine rasche An-

gleichung des Bremsdruck-Istwertes im jeweiligen Bremskreis an den eingesteuerten Sollwert erreichbar ist.

Zur diesbezüglichen Druckeinstellung sind bezüglich des Bremsdruck-Aufbaus den beiden Bremskreisen I und II je einzeln zugeordnete Proportionalventile 36 und 37 vorgesehen, die als elektrisch ansteuerbare Druckminder-Ventile ausgebildet sind, mittels derer von einer auf hohem Ausgangsdruckniveau gehaltenen, insgesamt mit 38 bezeichneten Hilfsdruckquelle ein zum jeweiligen Ansteuersignal proportionaler Druck ableitbar ist, der in den jeweiligen Bremskreis einkoppelbar ist.

Als Bremsdruck-Abbau-Stellelemente sind den Radbremsen 11 bis 14 einzeln zugeordnete ebenfalls als Druckminder-Ventile wirkende, elektrisch ansteuerbarer Proportionalventile 41 bis 44 vorgesehen, die im nicht angesteuerten Zustand sperrend sind und mit zunehmendem Pegel ihrer Ansteuersignale eine zunehmende Reduzierung des Druckgefälles zwischen der jeweiligen Radbremse und dem Bremsflüssigkeits-Vorratsbehälter 39 der Bremsanlage 10 vermitteln, an den die Radbremsen 11 bis 14 über die als Auslaßventile dienenden Proportionalventile 41 bis 44 je einzeln anschließbar sind. Die Hauptbremsleitungen 21 und 23, von denen je zu den Vorderradbremzen 11 und 12 führenden Bremsleitungszweige 46 und 47 bzw. die zu den Hinterradbremzen 13 und 14 führenden Bremsleitungszweige 48 und 49 ausgehen, über die die Bremsdruck-Einkopplung in die Radbremsen 11 und 12 bzw. 13 und 14 erfolgt, sind mittels je eines elektrischen Umschaltventils 51 bzw. 52 gegen den dem jeweiligen Bremskreis I bzw. II zugeordneten Druckausgang 19 bzw. 22 des Hauptzylinders 17 absperrbar, wobei diese Umschaltventile 51 und 52 als 2/2-Wege-Magnetventile ausgebildet sind, deren Grundstellung 0 ihre Durchfluß-Stellung ist und deren bei Erregung ihrer Schaltmagnete 53 eingenommene Funktionsstellung I ihre Sperrstellung ist.

Die die einzelnen Radbremsen 11 bis 14 mit den Druckversorgungsventilen 36 und 37 verbindenden Bremsleitungszweige 46 bis 49 des Vorderachs-Bremskreises I und des Hinterachs-Bremskreises II sind über je ein Einlaßventil 56 bis 59 geführt, die als 2/2-Wege-Magnetventile ausgebildet sind, die als Grundstellung 0 ihre jeweilige Radbremse mit der Hauptbremsleitung 21 bzw. 23 verbindende Durchflußstellung haben und in der bei Erregung ihrer Schaltmagnete 54 mit dem Ausgangssignal der elektronischen Steuereinheit 32 ihre sperrende Schaltstellung I einnehmen.

Die Hilfsdruckquelle 38 besteht beim dargestellten, speziellen Ausführungsbeispiel aus einem unter hohem Druck stehende Bremsflüssigkeit enthaltenden Druckspeicher 61, zu dessen Aufladung eine mittels eines Elektromotors 62 gesteuert antreibbare Hochdruckpumpe 63 vorgesehen ist, mittels derer Bremsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 39 in den Druckspeicher 61 förderbar ist. Das mittels eines Drucksensors 60 der Hilfsdruckquelle 38 überwachte Ausgangsdruckniveau des Druckspeichers 61 wird auf einem Mindestbetrag gehalten, der höher ist als der maximal in eine der Radbremsen 11 bis 14 einzukoppelnde Bremsdruck, der zur Erreichung der Blockiergrenze des jeweiligen Fahrzeugrades erforderlich ist, und der Druckspeicher 61 ist auf eine Speicherkapazität ausgelegt, die etwa dem 10-fachen des maximalen Schluckvolumens der Radbremsen 11 bis 14 insgesamt entspricht.

Mit der insoweit ihrem Aufbau nach erläuterten Bremsanlage 10 sind, unter Mitwirkung des Fahrers

oder auch selbsttätig durch die elektronische Steuereinheit 32 gesteuert, mehr im einzelnen die folgenden Funktionen darstellbar:

a) Zielbremsung einschließlich elektronisch gesteuerter Bremskraftverteilung (EBKV)

Bei einer Zielbremsung wird die zeitliche Entwicklung der Bremskraft-Entfaltung durch den Fahrer über das Bremspedal 18 gesteuert. Die Einlaßventile 56 bis 59 verbleiben hierbei in ihren Grundstellungen 0, den Durchflußstellungen, desgleichen das Umschaltventil 51 des Vorderachs-Bremskreises I. Das Umschaltventil 52 des Hinterachs-Bremskreises II hingegen wird in seine Sperrstellung I umgeschaltet und dadurch der Hinterachs-Bremskreis gegen den ihm zugeordneten Druckausgang 22 des Tandem-Hauptzylinders 17 abgesperrt. Diese Ansteuerung des Umschaltventils 52 wird ausgelöst, sobald die elektronische Steuereinheit 32 anhand eines Ausgangssignals des Pedalstellungssensors 31 erkennt, daß der Fahrer das Bremspedal 18 betätigt. Hiernach, z. B. ab dem Ansprechen des Bremslichtschalters 29 werden auch die für den Bremsdruck-Aufbau vorgesehenen Proportionalventile 36 und 37 angesteuert, das dem Vorderachs-Bremskreis I zugeordnete Proportionalventil so, daß der mittels des Drucksensors 33, der zwischen dem Vorderachs-Bremskreis I zugeordnete Proportionalventil 36 und die Einlaßventile 56 und 57 des Vorderachs-Bremskreises geschaltet ist, erfaßbare Bremsdruck demjenigen Druck entspricht, der mittels des Drucksensors 28 erfaßt wird, der an den dem Vorderachs-Bremskreis I zugeordneten Druckausgang 19 des Hauptzylinders 17 angeschlossen ist, das dem Hinterachs-Bremskreis II zugeordnete Druckaufbau-Proportionalventil 37 so, daß sein Ausgangsdruck, der mittels des dem Hinterachs-Bremskreis II zugeordneten Drucksensors 34 erfaßt wird, im Sinne einer erwünschten Vorderachs-/Hinterachs-Bremskraftverteilung in einer definierten Relation zu dem in den Vorderachs-Bremskreis I eingekoppelten Bremsdruck steht, z. B. derart, daß sich die ideale, gleicher Kraftschlußausnutzung an den Vorderrädern wie an den Hinterrädern entsprechende Bremskraftverteilung ergibt. Auch das Ausgangssignal des Pedalstellungsgebers 31 kann — zusätzlich zu den Ausgangssignalen der Drucksensoren 33 und 34 für die Vorgabe des Verhältnisses der Bremsdrücke ausgenutzt werden, die in die beiden Bremskreise I und II angekoppelt werden. Die Reaktionskraft, gegen die der Fahrer das Bremspedal 18 bei einer Zielbremsung betätigt, ist ein direktes Maß für den in die Vorderradbremse eingekoppelten Bremsdruck p<sub>V</sub>. Beim Bremsdruck-Abbau sind die Druckaufbau-Proportionalventile 36 und 37 nicht angesteuert, statt dessen jedoch die Auslaß-Proportionalventile 41 bis 44, wiederum nach Maßgabe der Ausgangssignale der Drucksensoren 28, 33 und 34 und gegebenenfalls des Pedalstellungssensors 31 und in Relation zu der erwünschten Bremskraftverteilung.

b) Antiblockierregelung (ABS)

Die Bremsdruck-Haltefunktion ist an den einzelnen Radbremsen 11 bis 14 durch individuelle oder gemeinsame Umschaltung der Einlaßventile 56 bis 59 in deren Sperrstellung I erzielbar. Die Bremsdruck-Abbaufunktion durch zusätzliche — individuelle oder in der erforderlichen Kombination erfolgende Umschaltung der Druckabsenkungs-Proportionalventile 41 bis 44. Ein

Bremsdruck-Wiederaufbau erfolgt durch gepulste Öffnungs-Ansteuerung der Einlaßventile 56 bis 59. Die Antiblockierregelung erfolgt an den Vorderradbremse 11 und 12 im Sinne einer Einzelradregelung, wobei auch gegenphasige Druckänderungen möglich sind, während für die Hinterradbremse 13 und 14 eine gleichphasige Bremsdruck-Regelung (Select-Low) in der Regel vorgezogen wird.

c) Selbsttätige Aktivierung einer oder mehrerer Radbremsen angetriebener und/oder nicht angetriebener Fahrzeugräder zum Zweck einer Antriebs-Schlupf-Regelung (ASR) und/oder einer Fahrdynamik-Regelung (FDR)

Der Bremskreis desjenigen Fahrzeugrades, an dem Bremschlupf aufgebaut werden soll, wird durch Ansteuerung seines Umschaltventils 51 bzw. 52 in dessen Sperrstellung I gegen den Hauptzylinder 17 abgesperrt. Das Einlaßventil derjenigen Radbremse des betrachteten Bremskreises, die nicht aktiviert werden soll, wird ebenfalls in dessen Sperrstellung I umgeschaltet und hiernach durch Ansteuerung des Druckversorgungsventils 36 bzw. 37 des jeweiligen Bremskreises I oder II der Bremsdruck in die zu aktivierende Radbremse eingekoppelt. Der Bremsdruck-Wiederabbau erfolgt vorzugsweise bei gesperrtem Einlaßventil durch Ansteuerung des der Radbremse zugeordneten Auslaß-Proportionalventils.

Die Antiblockierregelung, die Antriebs-Schlupf-Regelung sowie die Fahrdynamik-Regelung erfolgen nach gängigen Regelungsprinzipien, die nicht eigens als Erläuterungsbedürftig angesehen werden, und Ausnutzung nicht dargestellter, das dynamische Verhalten der Fahrzeugräder und weiterer dynamischer Parameter des Fahrzeuges überwachender Sensoren.

Dank der Möglichkeit einer selbsttätigen Aktivierung sämtlicher Radbremsen 11 bis 14 erfüllt die Bremsanlage 10 insoweit auch die Voraussetzungen für eine Abstandsregelung, z. B. bei Kolonnenfahrt, wobei hierfür eine zusätzliche Abstandssensorik am Fahrzeug vorgesehen sein muß.

d) Automatische Vollbremsung — Bremsassistent (BA)

Unter Ausnutzung der für eine selbsttätige Aktivierung der Radbremsen 11 bis 14 vorgesehenen Art der Ansteuerung der Umschaltventile 51 und 52 sowie der Druckversorgungsventile 36 und 37 ist auch eine automatische Steuerung einer Vollbremsung möglich, die ausgelöst wird, wenn die elektronische Steuereinheit 32 aus der Art, wie der Fahrer das Bremspedal 18 betätigt, erkennt, daß der Fahrer eine möglichst hohe Fahrzeugverzögerung einsteuern möchte. Die Auslösung einer derartigen Vollbremsung erfolgt zweckmäßigerweise dann, wenn die seiner zeitlich differenzierenden Verarbeitung des Ausgangssignals des Pedalstellungssensors 31 erkennbare Geschwindigkeit  $\phi$ , mit der der Fahrer das Bremspedal 18 betätigt, einen Schwellenwert  $\phi_s$  überschreitet. Anhand des Ausgangssignals des Drucksensors 28, der an den dem Vorderachs-Bremskreis I zugeordneten Druckausgang 19 des Hauptzylinders 17 angeschlossen ist, ist im weiteren Verlauf der Bremsung erkennbar, ob der Fahrer die Bremsung mit hoher Fahrzeugverzögerung fortsetzen möchte oder diese abbrechen wünscht und demgemäß die Bremsdruckentfaltung steuerbar.

Es wird davon ausgegangen, daß durch die Erläute-

rung der vorgenannten Funktionen, die durch Ausgangssignale der elektronischen Steuereinheit 32 steuerbar sind, auch deren Funktion hinreichend erläutert ist, und daß die Erläuterung schaltungstechnischer Einzelheiten der Steuereinheit 32, die ein Fachmann bei Kenntnis ihres Zweckes ohne weiteres realisieren kann, nicht erforderlich ist.

Dasselbe gilt sinngemäß für die Auslegung der elektronischen Steuereinheit 32 für einen nachfolgend zu erläuternden Betriebsmodus der Bremsanlage 10, für den vorausgesetzt wird, daß der Hauptzylinder 17 im Normalbetrieb der Bremsanlage 10 bei einer vom Fahrer gesteuerten Bremsung lediglich zur Sollwert-Vorgabe der Bremsdruck-Entfaltung ausgenutzt wird, ohne daß, intakten Funktionszustand der elektrohydraulischen Bremsdruck-Stellelemente und der elektronischen Steuereinheit 32 vorausgesetzt, Bremsflüssigkeit aus dem Hauptzylinder 17 in die Bremskreise I und II verdrängt wird und der Hauptzylinder 17 lediglich in einem Notbremsbetrieb, der z. B. bei einem Ausfall der Steuerelektronik 32 und/oder der Hilfsdruckquelle 38 erforderlich wird, als Bremsgerät genutzt wird, durch dessen Betätigung das Fahrzeug noch mit einer hinreichenden Fahrzeugverzögerung von z. B. 0,4 g ( $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ ) gebremst werden kann.

In diesem Betriebsmodus ist bei einer Zielbremsung auch das dem Vorderachsbremskreis I zugeordnete Umschaltventil 51 in seine Sperrstellung I gesteuert und die in die Vorderradbremse 11 und 12 diesen Bremsdruck-Aufbau zu verdrängende Bremsflüssigkeit wird, wie auch für den Hinterachs-Bremskreis II vorgesehen, ausschließlich über das dem Vorderachs-Bremskreis I zugeordnete Druckversorgungsventil 36 bereitgestellt.

Um auch in diesem Betriebsmodus der Bremsanlage 10 eine für eine gute Dosierbarkeit der in die Radbremsen 11 bis 14 einzusteuernenden Bremsdrücke ergonomisch günstige Pedalweg-/Bremskraft-Charakteristik zu erzielen, ist bei dem zur Erläuterung gewählten Ausführungsbeispiel an den dem Vorderachs-Bremskreis I zugeordneten Druckausgang 19 des Hauptzylinders 17 ein als Kolben-Federspeicher 64 dargestellter Druckspeicher angeschlossen, dessen Speicherkammer 66 über ein Funktions-Steuerventil 67 mit dem Druckausgang 19 des Hauptzylinders 17 verbindbar ist. Das Funktionssteuerventil 67 ist als 2/2-Wege-Magnetventil ausgebildet, das im stromlosen Zustand seines Steuer-magneten seine sperrende Grundstellung 0 einnimmt, in der die Speicherkammer 66 des Druckspeichers 64 gegen den Hauptzylinder 17 abgesperrt ist und bei Erregung seines Steuer-magneten 65 in seine Durchflußstellung I als Schaltstellung übergeht, in der Bremsflüssigkeit aus dem Hauptzylinder 17 in die Speicherkammer 66 verdrängbar ist. Der Druckspeicher 64 ist dahingehend ausgelegt, daß das maximale Aufnahmevermögen seiner Speicherkammer 66 dem halben Wert des Bremsflüssigkeitsvolumens entspricht, das durch eine dem maximalen Pedalweg entsprechende Betätigung des Hauptzylinders 17 aus dessen Primär-Ausgangsdruckraum 24 verdrängbar ist. Hierzu ist z. B. die Speicherfeder 68, gegen deren zunehmende Rückstellkraft der Kolben 69 des Druckspeichers 64 im Sinne einer Vergrößerung des Volumens der Speicherkammer 66 verschiebbar ist, so ausgebildet, daß ihre Windungen, eine Ausbildung der Speicherfeder 68 als Wendelfeder vorausgesetzt, den Hub des Kolbens 69 begrenzend auf Block liegen und in dieser Endstellung des Kolbens 69 und seiner Speicherfeder 68 deren Vorspannung der Kraft entspricht, die aus einer Druckbeaufschlagung des

Speicherkolbens 69 mit demjenigen Druck resultiert, der in den Vorderradbremse 11 und 12 allein durch Betätigung des Hauptzylinders 17 aufbaubar sein muß.

Im normalen Zielbremsbetrieb wird das Funktionssteuerventil 67 ab Beginn der Bremsung in seine Durchflußstellung I umgeschaltet. In einem Notbremsbetrieb, in dem der Hauptzylinder 17 selbst als Bremsdruckquelle genutzt werden muß, bleibt das Funktionssteuerventil 67 in seiner sperrenden Grundstellung 0, so daß das gesamte, aus dem Primär-Ausgangsdruckraum 24 des Hauptzylinders 17 verdrängbare Bremsflüssigkeitsvolumen im Vorderachs-Bremskreis I zum Bremsdruckaufbau nutzbar ist.

Zur Erläuterung eines in der Sollwert-Vorgabe-Einheit 16 der Bremsanlage 10 gemäß Fig. 1 einsetzbaren Tandem-Hauptzylinders 17, bei dem ein funktionell dem Kolben-Federspeicher 64 gemäß Fig. 1 und dessen Funktions-Steuerventil 67 entsprechendes Speicherelement in den Hauptzylinder 17 baulich integriert ist, sei nunmehr auf die diesbezüglichen Einzelheiten der Fig. 2 verwiesen.

Der Tandem-Hauptzylinder 17 gemäß Fig. 2 ist als Stufen-Hauptzylinder ausgebildet, bei dem der die eine, pedalseitige, axial bewegliche Begrenzung des Primär-Ausgangsdruckraumes 24 bildende Primärkolben 26, in dem der Pedalstößel 27 angreift, einen größeren wirksamen Durchmesser  $D_1$  hat als der Sekundärkolben 71, der die zweite axial bewegliche Begrenzung des Primär-Ausgangsdruckraumes 24 sowie die einseitige axial bewegliche Begrenzung des Sekundär-Ausgangsdruckraumes 72 des Hauptzylinders bildet, der axial gehäusfest durch die Endstirnwand 73 des insgesamt mit 74 bezeichneten Zylindergehäuses abgeschlossen ist. Der wirksame Durchmesser des Sekundärkolbens 71 ist mit  $D_2$  bezeichnet. Der Primär-Kolben 26 und der Sekundär-Kolben 71 sind in ineinander übergehenden Bohrungsstufen 76 und 77 des Zylindergehäuses 74 axial verschiebbar angeordnet, deren Durchmesser jeweils etwas größer ist als die Durchmesser  $D_1$  und  $D_2$  des Primär-Kolbens 26 bzw. des Sekundär-Kolben 71. Die Abdichtung des Sekundär-Kolben 71 gegenüber dem Zylindergehäuse 74 vermittelt ein insgesamt mit 78 bezeichnetes Dichtungspaket, das zwei an einem Gehäuse fest angeordneten Dichtungsträger 79 in axialem Abstand voneinander angeordnete Lippendichtungen 81 und 82, die eine hochdruckfeste Abdichtung des Sekundär-Kolben 71 gegenüber dem Dichtungsträger 79 vermitteln, sowie zwei radial äußere Ringdichtungen 83 und 84, welche beidseits eines mit dem Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter 39 in kommunizierender Verbindung stehenden Ausgleichskanals 86 des Zylindergehäuses 74 angeordnet sind und die hochdruckfeste Abdichtung des Dichtungsträgers 79 gegenüber dem Zylindergehäuse 74 vermitteln, wobei durch den Dichtungsträger ein mit dem Ausgangskanal 86 des Gehäuses 74 in kommunizierender Verbindung stehender, ringförmiger Ausgleichsraum 87 begrenzt ist, innerhalb dessen, gesehen in der dargestellten, dem nicht betätigten Zustand des Hauptzylinders 17 entsprechender Grundstellung ein mit dem Sekundär-Ausgangsdruckraum 72 in kommunizierender Verbindung stehender Schnüffelskanal 88 mündet, dessen kommunizierende Verbindung mit dem Ausgleichsringraum 87 nach einem kleinen Anfangsabschnitt des Bremsdruck-Aufbauhubes des Sekundär-Kolbens 71 aufgehoben ist.

Auf analoge Weise ist der Primär-Kolben 26 mittels zweier radial äußerer Ringdichtungen 83' und 84' und zweier radial innerer Lippendichtungen 81' und 82', die

an dem gehäusefest angeordneten Dichtungsträger 79' angeordnet sind, die wiederum einen mit dem Vorratsbehälter 39 in kommunizierender Verbindung stehenden Ausgleichs-Ringraum 87' begrenzt, gegen das Zylindergehäuse 74 abgedichtet und hinsichtlich des Verlaufs seines Schnüffelfkanals 88' so gestaltet, daß dessen in der Grundstellung des Primärkolbens 26 vorhandene kommunizierende Verbindung mit dem Ausgleichsringraum 87' nach einem kurzen Anfangsabschnitt des Bremsdruck-Aufbauhubes des Primärkolbens aufgehoben ist.

Zur Bildung eines funktionell dem Speicherelement 64 gemäß Fig. 1 entsprechenden Speicherelements 64' ist der Sekundär-Kolben 71 mit einer Sackbohrung 89 versehen, die von seiner dem Primär-Ausgangsdruckraum 24 zugewandten Seite her in den Sekundärkolben eingebracht ist. Diese Sackbohrung 89 ist primärdruckraumseitig durch einen in der Sackbohrung 89 druckdicht verschiebbaren Speicherkolben 91 abgeschlossen, der durch eine Speicherfeder 68' in seine dargestellte, größtem Volumen der Federkammer 91 entsprechende Grundstellung gedrängt wird und bei einer Betätigung des Hauptzylinders 17 dem im Primär-Ausgangsdruckraum 24 herrschenden Druck ausgesetzt ist. Die Federkammer 91 steht, gesehen in der dargestellten Grundstellung des Sekundär-Kolbens 71, über einen Schnüffelfkanal 92 mit dem Bremsflüssigkeits-Vorratsbehälter 39 in kommunizierender Verbindung. Diese kommunizierende Verbindung wird bei einem Druckaufbau-Hub des Sekundär-Kolbens 71 nach einem kurzen Anfangsabschnitt dieses Hubes, nach dem die kommunizierende Verbindung des Sekundär-Ausgangsdruckraumes 72 mit dem Ausgleichsringraum 87 aufgehoben ist, ebenfalls aufgehoben, wobei bei einer weiteren Druckaufbau-Verschiebung des Sekundär-Kolbens 71 der Schnüffelfkanal 92 ebenfalls in kommunizierende Verbindung mit dem Sekundär-Ausgangsdruckraum 72 des Tandem-Hauptzylinders gelangt und der in diesem herrschende Druck auch in die Federkammer 91 eingekoppelt wird.

Im normalen Bremsbetrieb, d. h. bei intakter Bremsanlage 10, in dem der dem Hinterachs-Bremskreis II zugeordnete Druckausgang 22 des Hauptzylinders 17 mittels des Umschalt-Ventils 52 gegen die Hinterradbremzen 13 und 14 abgesperrt ist, so daß bei einer Betätigung des Hauptzylinders 17 mittels des Bremspedals Bremsflüssigkeit aus dem Sekundär-Ausgangsdruckraum 72 nicht verdrängt werden kann, wird ein Teil der durch die Verschiebung des Primär-Kolbens 26 verdrängbaren Bremsflüssigkeitsmenge von dem durch den Kolben 91 und die Speicherfeder 68' gebildeten Kolben-Federspeicher 64' aufgenommen, somit auch dann, wenn die Bremsanlage in demjenigen Betriebsmodus betrieben wird, in dem auch die Vorderradbremzen mittels des Umschaltventils 51 gegen den Druckausgang 19 abgesperrt sind, als Wegsimulator fungiert. In einem Notbremsbetrieb, in dem Bremsflüssigkeit sowohl aus dem Primär-Ausgangsdruckraum 24 als auch aus dem Sekundär-Ausgangsdruckraum 72 des Hauptzylinders 17 in die Radbremsen 11 bis 14 verdrängbar sein soll, wobei die Umschaltventile 51 und 52 ihre dargestellten Offen-Stellungen einnehmen, desgleichen die Einlaßventile 56 bis 59 und die Proportionalventile 36 und 37 sowie die Ausgleichs-Proportionalventile 41 bis 44 die in der Fig. 1 dargestellten Sperrstellungen einnehmen, wird der Speicherkolben 91 des Sekundär-Kolbens 71 bei einer Betätigung des Hauptzylinders 17, sobald der Schnüffelfkanal 92 abgesperrt ist und daraufhin in kom-

munizierende Verbindung mit dem Sekundär-Ausgangsdruckraum 72 gelangt, mit dem im Sekundär-Ausgangsdruckraum 72 herrschenden Druck beaufschlagt und dadurch gleichsam hydraulisch verriegelt und durch die Wirkung dieses Druckes sowie der Speicherfeder 68' in Anlage mit seinem primärdruckraumseitigen Anschlag 93 gedrängt und gehalten.

Eine nicht dargestellte Abwandlung einer zur Bremsanlage 10 gemäß Fig. 1 funktionsanalogen Bremsanlage für ein Fahrzeug mit zwei Diagonal-Bremskreisen ist in der Weise realisierbar, daß die zwischen die Radbremsen und die Druckversorgungsventile 36 und 37, die in diesem Fall je einem der Diagonal-Bremskreise zugeordnet sind, geschalteten Einlaßventile ebenfalls als elektrisch ansteuerbare Proportionalventile mit stromloser offener Grundstellung ausgebildet sind, die in monotoner Relation zur elektrischen Steuerleistung eine definierte Minderung der in die Radbremsen individuell eingekoppelbaren Drücke vermitteln. Bei einer solchen Ausbildung der Bremsanlage ist zweckmäßigerweise für jede Radbremse ein eigener elektronischer Drucksensor 33' bzw. 34' vorgesehen, wie in Fig. 1 gestrichelt angedeutet.

#### Patentansprüche

1. Elektrohydraulische Mehrkreis-Bremsanlage für ein Straßenfahrzeug, bei der die Bremskraftentfaltung mittels elektrisch ansteuerbarer Bremsdruck-Stellelemente erfolgt, die durch Stell-Ausgangssignale einer elektronischen Steuereinheit individuell ansteuerbar sind und mindestens die folgenden Funktionen vermitteln:

a1) Zielbremsbetrieb nach Maßgabe vom Fahrer mittels einer Sollwert-Vorgabeeinheit auslösbarer, für den Erwartungswert der Fahrzeugverzögerung charakteristischer Sollwert-Signale, einschließlich Steuerung der Vorderachs-/Hinterachs-Bremskraftverteilung (EBKV);

a2) Antiblockierregelung durch selbsttätige Bremsdruck-Modulation (ABS-Funktion);

a3) Antriebs-Schlupfregelung (ASR-Funktion) durch selbsttätige Aktivierung der Radbremse eines jeweils zum Durchdrehen neigenden Fahrzeugrades;

a4) Fahrdynamik-Regelung (FDR) durch selbsttätig gesteuerten Aufbau von Bremschlupf an einem oder mehreren der Fahrzeugräder, wobei

b) je zwei Radbremsen des Fahrzeuges zu einem Bremskreis zusammengefaßt sind und

c) die Sollwert-Vorgabeeinheit einen mittels eines elektronischen oder elektromechanischen Sensors positionsüberwachten Pedals direkt betätigbaren Hauptzylinder als Bremsdruck-Steuergerät umfaßt, der mindestens einen Druckausgang hat, an den über ein als 2-Stellungs-Magnetventil ausgebildetes Umschaltventil, das im stromlosen Zustand seine Offen-Stellung als Grundstellung und im erregten Zustand als Schaltstellung seine Sperrstellung einnimmt, einer der Bremskreise als Notbremskreis angeschlossen ist,

gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

d) als Druckquelle, aus der sowohl bei einer vom Fahrer gesteuerten Bremsung als auch bei einer selbsttätigen Aktivierung einer oder



mehrerer der Radbremsen (11 bis 14) Bremsflüssigkeit in die Radbremsen einspeisbar ist, ist ein mittels einer Hochdruckpumpe (63) aufladbarer Druckspeicher (61) vorgesehen, der eine Speicherkapazität hat, die signifikant (3 bis 10 x) größer ist als das Schluckvolumen der Radbremsen (11 bis 14) insgesamt und im Betrieb des Fahrzeuges auf einem Mindestdruckniveau gehalten ist, das höher als der Bremsdruck ist, bei dem auf trockener griffiger Straße die Blockiergrenze der Fahrzeuräder erreichbar ist;

e) die Hauptbremsleitungen (21, 23) der beiden Bremskreise (I und II) sind an den Druckspeicher (61) über je ein Druckversorgungsventil (36, 37) angeschlossen, das als elektrisch steuerbares Proportionalventil ausgebildet ist, das im nicht bestromten Zustand sperrend ist und im angesteuerten Zustand einen mit der Steuerleistung monoton anwachsenden Druck in die sich zu den Radbremsen hin verzweigende Hauptbremsleitung (21, 23) einkoppelt;

f) zwischen die Radbremsen (11 bis 14) und das diesen zugeordnete Druckversorgungsventil (36, 37) ist je ein als Magnetventil ausgebildetes Einlaßventil (56, 57, 58, 59) geschaltet, das eine stromlos offene Grundstellung (0) hat und in eine sperrende Funktionsstellung steuerbar ist;

g) zwischen die Radbremsen (11 bis 14) und den Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter (39) der Bremsanlage (10) ist je ein elektrisch ansteuerbares Proportionalventil (41, 42, 43, 44) geschaltet, das im nicht angesteuerten Zustand sperrend ist und in monotoner Relation mit der Steuerleistung eine Reduzierung des Druckgefälles zwischen der Radbremse und dem Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter vermittelt.

2. Bremsanlage nach Anspruch 1, bei der die Vorderradbremse (11, 12) und die Hinterradbremse (13, 14) jeweils zu einem Vorderachs- und einem Hinterachs-Bremskreis zusammengefaßt sind, die mittels eines Zweikreis-Hauptzylinders mit Bremsdruck beaufschlagbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung der Vorderachs-/Hinterachs-Bremskraftverteilung durch verhältnismäßige Ansteuerung der Druckversorgungsventile (36, 37) erfolgt.

3. Bremsanlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß pro Bremskreis (I, II) mindestens ein elektronischer oder elektromechanischer Drucksensor (33, 34) vorgesehen ist, und daß die Radbremszylinder der Bremsen (11, 12 bzw. 13, 14) des jeweiligen Bremskreises (I, II) miteinander kommunizierend verbindbar sind.

4. Bremsanlage nach Anspruch 1, mit zwei Diagonal-Bremskreisen, zu deren Notbetätigung ein Zweikreis-Hauptzylinder vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen die Radbremsen (11 bis 14) und die Druckversorgungsventile (36, 37) geschalteten Einlaßventile als elektrisch ansteuerbare Proportionalventile mit stromlos offener Grundstellung ausgebildet sind, die in monotoner Relation zur elektrischen Steuerleistung eine definierte Minderung der die Radbremsen einkoppelbaren Drücke vermitteln.

5. Bremsanlage nach Anspruch 4, dadurch gekenn-

zeichnet, daß an jeder Radbremse (11 bis 14) ein elektronischer oder elektromechanischer Drucksensor (33', 34') angeordnet ist.

6. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Zielbremsbetrieb aus dem Hauptzylinder (17) verdrängte Bremsflüssigkeit in den jeweils angeschlossenen Bremskreis verdrängbar ist und die Ansteuerung der Druckversorgungsventile (36, 37) aus einer vergleichenden Verarbeitung für die Pedalstellung und/oder die Kolbenposition im Hauptzylinder (17) charakteristischer Signale eines Positionssensors (31) mit für den Druck im angeschlossenen Bremskreis charakteristischen Istwert-Signalen eines Drucksensors (33, 34) erfolgt.

7. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der auch bei einer elektrisch gesteuerten Zielbremsung die Radbremsen gegen den Hauptzylinder abgesperrt sind und der Bremsdruckaufbau in den Radbremsen ausschließlich durch Einspeisung unter hohem Druck stehender Bremsflüssigkeit aus dem Druckspeicher über die Druckversorgungsventile erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß der Hauptzylinder (17) der Sollwert-Vorgabeeinheit (16) dahingehend ausgelegt ist, daß das durch Verschiebung seiner Kolbenanordnung (26, 71) um den maximalen Hub  $s_{max}$  aus seinem dem Notbremskreis zugeordneten Ausgangsdruckraum (24) verdrängbare Bremsflüssigkeitsvolumen signifikant größer ist als das Aufnahmevermögen der Radbremsen des Notbremskreises, das in diese verdrängt werden muß, um im Notbremsbetrieb eine definierte Mindestverzögerung des Fahrzeugs zu erreichen, und daß an diesen Druckausgang (19) des Hauptzylinders der Sollwert-Vorgabeeinheit (16) ein Speicherelement (64) angeschlossen ist, in das gegen eine zunehmende Reaktionskraft Bremsflüssigkeit aus dem Hauptzylinder (17) verdrängbar ist, wobei das maximale Aufnahmevermögen dieses Speicherelements (64) höchstens einem Mehrbetrag entspricht, um den das aus dem Hauptzylinder verdrängbare Bremsflüssigkeitsvolumen größer ist als das Mindest-Volumen an Bremsflüssigkeit, das in die Radbremsen des Notbremskreises zur Erzielung der definierten Mindestverzögerung verdrängbar sein muß.

8. Bremsanlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das maximale Aufnahmevermögen des Speicherelements (64) zwischen 30% und 60%, vorzugsweise um 50% des insgesamt maximalen Schluckvolumens der Radbremsen des Notbremskreises beträgt.

9. Bremsanlage nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicherelement (64) als Kolben-Federspeicher ausgebildet ist.

10. Bremsanlage nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicherelement (64) gegen den Hauptzylinder der Sollwert-Vorgabeeinheit absperrbar oder sein Kolben hydraulisch verriegelbar ist.

11. Bremsanlage nach Anspruch 10, wobei das Speicherelement als Kolben-Federspeicher ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Speicherfeder des Kolben-Federspeichers in einer flüssigkeitsdichten, über eine Ausgleichsleitung mit dem Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter des Hauptzylinders verbundenen Federkammer angeordnet ist, und daß der Ausgleichs-Strömungspfad mittels ei-



nes als 2-Stellungs-Magnetventil ausgebildeten Umschaltventils absperrbar ist, das als erregte Stellung die Durchflußstellung und als Grundstellung die Sperrstellung hat.

12. Bremsanlage nach Anspruch 9, wobei der Hauptzylinder der Sollwert-Vorgabeeinheit als Tandem-Hauptzylinder ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicherelement (64') in die Kolbenanordnung (71, 26) des Hauptzylinders integriert ist.

13. Tandem-Hauptzylinder mit integriertem Speicherelement als Wegsimulator, insbesondere für eine Bremsanlage gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicherelement (64) in den den Primär-Ausgangsdruckraum (26) axial beweglich gegen den Sekundär-Ausgangsdruckraum (72) des Hauptzylinders (17) abgrenzenden Sekundärkolben (71) integriert ist, wobei die Speicherfeder (68') am Grund einer zentralen Sackbohrung (89) des Sekundärkolbens (71) abgestützt ist, die primärdruckraumseitig durch einen in der Sackbohrung druckdicht beweglich verschiebbaren Speicherkolben (91) abgeschlossen ist, an dem die Speicherfeder (68') angreift, und der seinerseits dem im Primär-Ausgangsdruckraum (26) des Hauptzylinders (17) herrschenden Druck ausgesetzt ist.

14. Hauptzylinder nach Anspruch 13, bei dem der Sekundär-Ausgangsdruckraum in der dem nicht betätigten Zustand des Hauptzylinders entsprechenden Grundstellung seines Sekundärkolbens über einen an diesem vorgesehenen Schnüffelkanal mit dem Bremsflüssigkeitsvorratsbehälter in kommunizierender Verbindung steht, die nach einem kleinen Anfangsabschnitt eines Bremsdruck-Aufbau-Hubes des Sekundärkolbens aufgeschoben ist, dadurch gekennzeichnet, daß die durch den Sekundärkolben (71) und den in diesem verschiebbaren Speicherkolben (91) axial begrenzte Federkammer (91) in der dem nicht betätigten Zustand des Hauptzylinders zugeordneten Grundstellung seines Sekundärkolbens (71) über einen Schnüffelkanal mit dem Bremsflüssigkeits-Vorratsbehälter (34) in kommunizierender Verbindung steht und nach einem kurzen Anfangsabschnitt des Druck-Aufbau-Hubes des Sekundärkolbens über diesen Schnüffelkanal mit dem Sekundär-Ausgangsdruckraum (72) des Hauptzylinders in kommunizierende Verbindung gelangt.

15. Hauptzylinder nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die radial äußere Mündungsöffnung des in der Grundstellung des Sekundärkolbens die Federkammer mit dem Vorratsbehälter kommunizierend verbindenden Schnüffelkanals (92) zwischen zwei in geringem Abstand voneinander angeordneten, gehäusefesten Ringdichtungen (81, 82) liegt, deren eine die hochdruckfeste Abdichtung des Sekundär-Ausgangsdruckraums (72) gegen den Bremsflüssigkeits-Vorratsbehälter (39) und deren andere die hochdruckfeste Abdichtung des Primär-Ausgangsdruckraums (26) gegen den Vorratsbehälter (39) vermittelt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

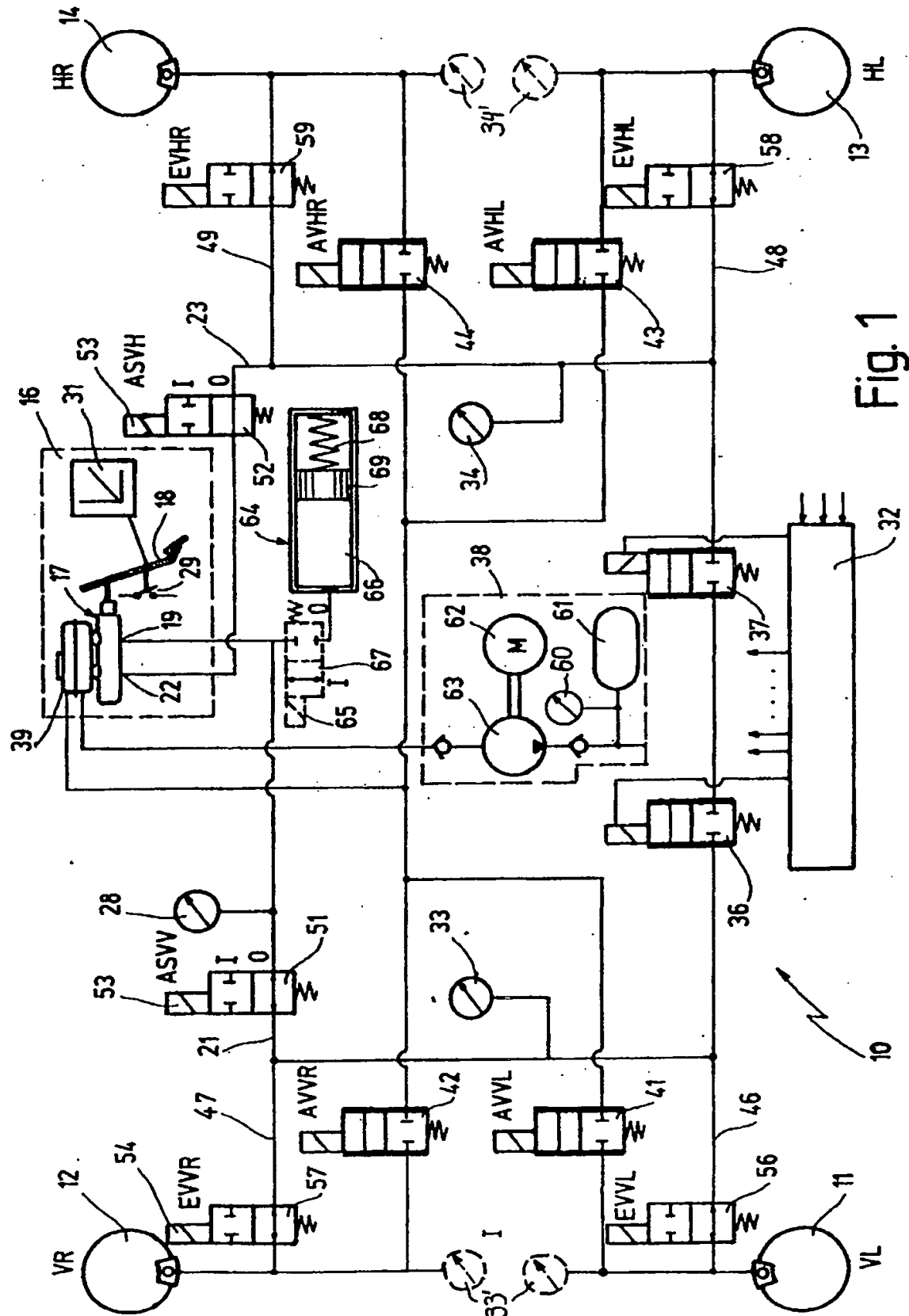


Fig. 1

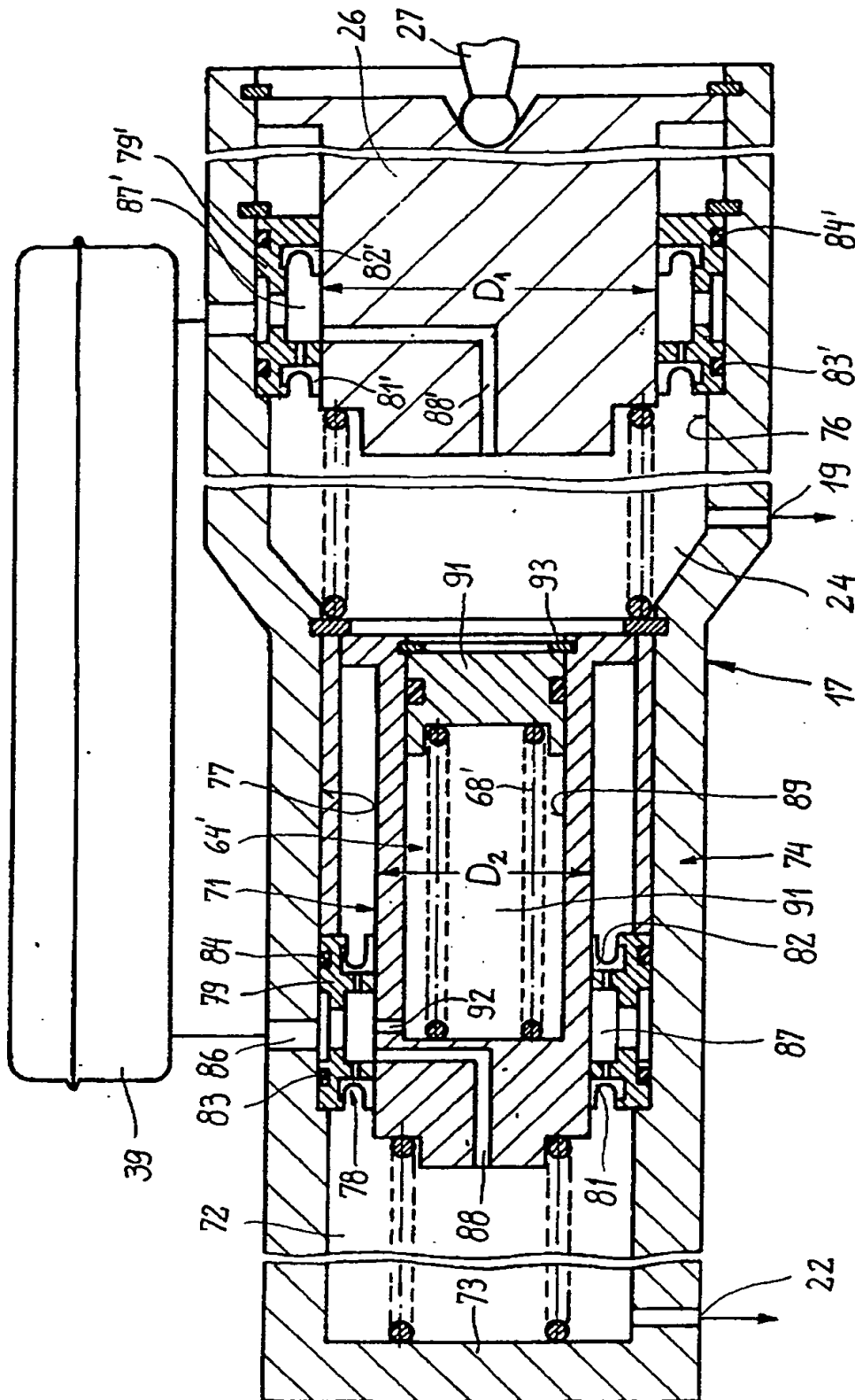


Fig. 2